



## **AUTOKORELACJA PRZESTRZENNA WYKORZYSTANIA POZABUDŻETOWYCH ŚRODKÓW W GMINACH WOJEWÓDZTWA MAŁOPOLSKIEGO**

***Jakub Sikora, Anna Szelaq-Sikora, Michał Cupiał***  
*Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie*

### ***SYSTEMS IT FOR AGRICULTURAL BUSINESSES***

#### ***Streszczenie***

W pracy przedstawiono zastosowanie statystyki I Morana do wyznaczenia stopnia zależności przestrzennej. Dodatkowo pokazano możliwość zobrazowania rozkładu przestrzennego zainwestowanych środków finansowych w obiektach przestrzennych. Celem pracy było wyznaczenie zależności przestrzennych zmiennych diagnostycznych opisujących pozabudżetowe środki przeznaczone na inwestycje w województwie małopolskim na poziomie gmin. W tym celu wykorzystano dane z kwerend Urzędu Statystycznego. Rozkłady przestrzenne zmiennych zobrazowano w programie ArcView, a analizę przestrzenno-statystyczną wykonano w programie RCAN. Analizę przeprowadzono na 182 gminach województwa małopolskiego. Na podstawie analizy wybranych zmiennych diagnostycznych można stwierdzić, że mogą one być bardzo przydatne w geografii ekonomicznej.

**Słowa kluczowe:** Autokorelacja przestrzenna, statystyka I Morana, GIS, środki inwestycyjne,

#### ***Summary***

*The paper presents the application of Moran's I statistics to show the grade of spatial autocorrelation statistic. An additional aim is to show the possibility of illustrating financial resources invested in the*

*spatial objects. The main aim was to show the spatial autocorrelation measure based of diagnostic indicators describing the extra-budgetary funds for investment in the Malopolska province on community level. For this purpose, the data used for analysis were taken from the Central Statistical Office. Spatial autocorrelations of the indicators were illustrated in ArcView, statistical and spatial analysis were done in the R-CRAN. The analysis was carried on the 182 communes of Malopolska province. Based on diagnostic indicators analysis one can conclude that these measures are very useful in economic geography.*

**Key words:** *Spatial autocorrelation, I Moran's statistic, GIS, investment funds*

## WSTĘP

Przestrzeń to jedna z podstawowych cech materii, gdyż każde zjawisko fizyczne „dzieje się” w określonym obszarze. W związku z tym przestrzeń często stanowi przedmiot wielu badań naukowych w różnych dziedzinach życia: matematyce, biologii, a nawet naukach humanistycznych. Dziedziną nauki, która przez długi czas sceptycznie podchodziła do koncepcji uwzględnienia przestrzeni w badaniach, była ekonomia, zwykle przypisując rolę analizy zależności przestrzennych specjalistom z branży geografii ekonomicznej. Działanie to wynikało z przekonania ekonomistów o uniwersalności praw ekonomicznych, niezależnie od badanego regionu, ale również z braku metod niezbędnych do analizy tych zjawisk. Przełom w ekonomii, stanowiąc niejako „cichą rewolucję”, rozpoczął się wraz z Nową Geografią Ekonomiczną. Prawo geografii ekonomicznej, zaproponowane przez Toblera w 1979 burzyło utrwalony w teorii ekonomii sposób postrzegania gospodarki jako niezależnego podmiotu, nie wchodzącego w żadne interakcje przestrzenne z sąsiadami. Efektem tego przełomu było powstanie przestrzennych modeli rozwoju, wraz z analizą zmian rozkładu przestrzennego aktywności gospodarczej na przykładzie koncentracji aktywności w aglomeracjach, kosztów transportu, wzorców lokalizacji firm, a także potencjału perspektywicznego regionów (Szelaq-Sikora2009).

Celem pracy było wyznaczenie zależności przestrzennej pozabudżetowych środków na inwestycje w gminach woj. małopolskiego. Do badań przyjęto jako jednostkę odniesienia przestrzennego gminę jako niepodzielną część badanych cech. Wybór ten był podyktowany faktem, że wartość poznawcza wybranej przestrzeni (w liczbach) byłaby znikoma w przypadku wyboru wyższej jednostki terytorialnej, czyli powiatów. Uwzględniając powyższe, jak również fakt, iż praca dotyczy wewnętrznego zróżnicowania przestrzennego jednego województwa (małopolskiego), uzasadnionym wydaje się być wybór tego najniższego

poziomu w hierarchii obszaru. Analiza zjawisk w obrębie powiatów dałaby zbyt ogólny, a nawet mylny obraz analizowanego zjawiska.

Termin autokorelacji można zdefiniować jako sytuację, w której „...występowanie jednego zjawiska w jednej jednostce przestrzennej powoduje zwiększanie się lub zmniejszanie prawdopodobieństwa występowania tego zjawiska w sąsiednich jednostkach” (Longley 2006). Dzieje się tak, ponieważ w otaczającym nas świecie każdy element przestrzeni ma wpływ na inny element, jednak zależność ta nasila się odwrotnie proporcjonalnie do dzielącego je dystansu (Janc 2009).

Zatem autokorelacja pozwala na zbadanie przestrzennej struktury zależności obiektów, a także interakcji między wartościami wybranych wskaźników określonej lokalizacji. Umożliwia to wyodrębnienie grup obszarów o podobnych właściwościach, jak również tych cechujących się znaczną dyferencją. Warto zauważyć, że obserwowane wartości danego obszaru nie są zależne od wartości obszarów sąsiedzkich, a badany wzorzec przestrzenny jest równie prawdopodobny jak każdy inny.

W przypadku występowania autokorelacji przestrzennej możemy wyodrębnić dodatnią oraz ujemną autokorelację (Kopczewska 2007). Dodatnia autokorelacja przestrzenna oznacza wyższy wskaźnik podobieństwa obiektów badanego regionu w stosunku do sąsiednich, niż wynikałoby to z ich losowego rozmieszczenia. Zaś ujemna autokorelacja występuje w przypadku, gdy obserwowanym obiektom towarzyszy coraz to większe zróżnicowanie, stanowiąc jednocześnie zaprzeczenie reguły Toblera. Natomiast brak występowania autokorelacji przestrzennej na badanym terenie oznacza przestrzenną losowość regionu (Janc 2006).

Wielu autorów uważa że miara autokorelacji przestrzennej może być stosowana do testowania istnienia autokorelacji przestrzennej i charakterystyki populacji, jak również do określania stopnia autokorelacji, a w dalszym toku do wnioskowania na temat danego procesu przestrzennego. Dzięki metodom przestrzennym można odrzucić hipotezę o przestrzennej losowości zjawisk w przyrodzie, co pozwala na poznawanie rządzących zależności, tzw. reżimów przestrzennych (Krakowiak-Bal i inni 2012, Woźniak i inni 2007).

Niektóre zjawiska geograficzne zmieniają się w przestrzeni w łagodny sposób, natomiast inne wykazują skrajną nieregularność, łamiąc tym samym regułę Toblera. Na ogół zwiększeniu odległości w przestrzeni towarzyszy także nasilenie zróżnicowania cech, a zatem także ich niejednorodności. Poprawna ocena autokorelacji przestrzennej wymaga znajomości zagadnienia różnorodności przestrzennej, jej stopnia oraz specyfiki. Przejawia się ona w formach krajobrazu, natężeniu oraz kierunkach procesów kształtujących krajobraz.

Metody przestrzenne coraz częściej stosowane są w naukach ekonomicznych, m.in. do analizy przestrzennych zmienności procesów ekonomicznych,

przestrzennych wzorców trendu oraz lokalizacji, koncentracji ekonomicznej czy w lokalnych finansach publicznych. Metody przestrzenne mają także zastosowanie w wielu innych obszarach nauki, m.in. w socjologii, politologii, planowaniu urbanistycznym, geografii, transporcie czy ochronie środowiska (Kopczewska 2007).

Podsumowując, można zauważyć, że właściwości autokorelacji przestrzennej bywają bardzo pomocne w tworzeniu reprezentacji rzeczywistego świata, bowiem znajomość oraz zrozumienie otaczającej przestrzeni sprzyja przewidywaniu zmian oraz planowaniu polityki działania rozwoju (Janc 2006).

W ostatnich latach obserwuje się intensywny rozwój zagadnień lokalizacji przestrzennej, głównie w Stanach Zjednoczonych. Dzieje się tak z uwagi na szerokie spektrum zastosowania w wielu dziedzinach nauki, w tym m.in. w geologii, ochronie środowiska, ekonomii czy naukach przyrodniczo-społecznych (Sikora 2009).

## **METODYKA BADAŃ**

W niniejszej pracy analizie poddano 182 gminy woj. małopolskiego, które uznano za jednostki odniesienia. Z uwagi na fakt, że badania dotyczą wewnętrznego zróżnicowania przestrzennego jedynie jednego województwa (małopolskiego), uzasadnionym jest wybór najmniejszej jednostki terytorialnej jako niepodzielnej części wybranej cechy przestrzennej.

Badania zostały oparte na podstawie danych statystycznych uzyskanych z opracowań Urzędu Statystycznego. Odnoszą się one do lat 2008, 2009 i 2010 i dotyczą: Dotacji (Inwestycje, Dotacje celowe z Budżetu Państwa na zadania własne, Dotacje otrzymane z funduszy celowych), Środków na dofinansowanie własnych zadań pozyskane z innych źródeł: inwestycyjne oraz Subwencji ogólnych. Gminy, jako obiekty przestrzenne, zostały podzielone pod względem przyjętych zmiennych diagnostycznych. Następnie na podstawie informacji o obiektach została wykonana przestrzenna baza danych w programie ArcView. Program ten wykorzystuje przestrzenną bazę danych opisaną w formacie dbf. Kolejnym krokiem było nadanie geokodów pozyskanym danym atrybutowym. Tak przygotowana baza danych została zastosowana w programie R-cran, w którym wykonano zależność przestrzenną na podstawie statystyki *I* Morana. Aby w pełni opisać zależności przestrzenne, zostały wybrane macierze wag przestrzennych, które opisują relacje przestrzenne obiektów. Podczas analizy wykorzystano dwa typy macierzy sąsiedztwa: typu B – podstawową macierz binarną zero-jedynkową oraz typu W – macierz pierwszego rzędu standaryzowana rzędami. Zgodnie z założeniami statystyki *I* Morana, dane spełniają poniższe warunki:

$w_{ij} = 1$ , gdy województwo  $i$  jest sąsiadem województwa  $j$ , czyli gdy mają wspólną granicę;

$w_{ij} = 0$ , gdy województwo  $i$  nie jest sąsiadem województwa  $j$ , czyli. nie mają wspólnej granicy;

$w_{ii} = 0$ , elementy diagonalne macierzy, przy założeniu, że województwo nie jest swoim własnym sąsiadem.

Kolejnym etapem było opracowanie warstw tematycznych wybranych wskaźników środków pozabudżetowych przeznaczonych na inwestycję. Analizując zebrane informacje, zaobserwowano wyraźną nieciągłość danych, oznaczającą występowanie skoków wartości. Z założenia warstwa tematyczna ukazuje charakterystyczne cechy struktury i rozmieszczenia badanych zjawisk. W tym celu wyznaczono klasy obiektów w sposób umożliwiający zgrupowanie danych o zbliżonych wartościach w jednej klasie.

W niniejszej pracy posłużono się metodą grupowania danych według Jenks'a i Coulson'a (1963), opierającą się na tzw. naturalnych granicach podziału. Metoda ta polega na wyznaczeniu przedziałów (klas) poprzez porównanie sum kwadratów różnic (SSD). Wartości o zbliżonych różnicach rozdzielone są danymi skrajnymi przydzielonymi do grupy poprzedzającej i następującej. Klasy są dzielone w miejscach wyraźnego skoku danych.

Metoda Jenks'a, wykorzystana w niniejszej pracy, posłużyła jako podstawa analizy przestrzennej zmian wykorzystania pozabudżetowych środków w gminach województwa małopolskiego. Metoda ta została zastosowana w oprogramowaniu ArcView GIS 9.3.1., w formie zintegrowanego narzędzia „podział naturalny”.

## WYNIKI BADAŃ

Autokorelacja daje możliwość poznania przestrzennej struktury zależności obiektów (gmin) przyjętego zbioru odnoszącego się do zasięgu terytorium woj. małopolskiego oraz oddziaływania pomiędzy wartościami ekonomicznymi przyjętych do badań w różnych lokalizacjach. Statystyka  $I$  Morana umożliwia wyznaczenie podobieństw i różnic między obiektami przestrzennymi w ujęciu ogólnym. Analizując wynik autokorelacji przestrzennej można wyznaczyć skupiska obiektów podobnych do siebie, ale również znaleźć obiekty czy też grupy obiektów różniących się od najbliższych sąsiadów. Prowadząc analizę przestrzenną, należy zamodelować powiązania sąsiedzkie. Najbardziej powszechnym sposobem w naukach ekonometrycznych na określanie bliskości obiektów przestrzennych jest podejście wykorzystujące kryterium wspólnej granicy.

Sporządzenie macierzy wag dla obiektów według kryterium wspólnej granicy wymaga ustalenia listy sąsiadów pierwszego rzędu. Listę taką sporządzono

w programie komputerowym R CRAN. Program ten generuje listę sąsiadów dla jednostek znajdujących się w bazie danych w pliku z rozszerzeniem \*.shx. Pliki tego typu powstają w programach GIS podczas digitalizacji podkładu analogowego badanej przestrzeni (Cupiał 2006).

Podsumowanie macierzy wag sąsiedztwa według kryterium wspólnej granicy.

Macierz ta jest najczęściej stosowaną macierzą w analizach społeczno-ekonomicznych i rozważaniach teoretycznych w ekonometrii przestrzennej.

Charakterystyka macierzy pierwszego rzędu typu „B” binarna i typu „W” standaryzowana rzędami dla zbioru 182 gmin woj. małopolskiego:

liczba regionów: 182,

liczba niezerowych powiązań: 982,

odsetek niezerowych powiązań: 2,9,

średnia liczba powiązań: 5,4,

obiekty, które mają tylko dwóch sąsiadów: 1, 16, 72, 82, 128, 131, 133, 144, 152, 158,

obiekt, który ma największą liczbę powiązań: 110.

**Tabela 1.** Liczba powiązań obiektów przestrzennych dla kryterium styczności woj. małopolskiego

**Table 1.** Number of links spatial objects for the criterion of contact province. Małopolska

Liczba sąsiadów	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13
Liczba obiektów	10	17	29	50	33	20	11	8	2	1	1

Źródło: Badania własne 2012

Przedstawiony na rysunku 1 graf obrazuje powiązania obiektów w oparciu o kryterium wspólnej granicy. Zagęszczenie siatki powiązań jest równomiernie rozłożone na całym obszarze województwa, co wskazuje na ład przestrzenny w zależności wielkości gmin. W powyższej strukturze przestrzennej obiekty mają średnio 5,4 sąsiadów bezpośrednio graniczących.

Wartości dodatnie statystyki *I* Morana zamieszczone w tablicy 2 oznaczają, że w zbiorze obiektów woj. małopolskiego występują podobne wartości w bliskich lokalizacjach badanych zmiennych w przyjętym okresie czasu. Oznacza to, że występują wyspy obiektów o podobnych wysokich wartości badanych zmiennych. Występowanie w lokalizacjach wartości zmiennej z roku 2008 ma charakter większego ładu przestrzennego. Podobieństwo obiektów w analizie globalnej jest rozpatrywane dla wartości niskich i wysokich zmiennej. Choć w porównaniu do całej populacji siła autokorelacji jest nieznacznie mniejsza, to dla obu lat można stwierdzić podobieństwo struktury przestrzennej pomiędzy

badanymi obiektami w zbiorze w zbiorze obiektów woj. małopolskiego Analiza istotnej statystycznie korelacji na podstawie globalnej statystyki *I* Morana wykazała w dwóch okresach brak wpływu typu macierzy wag w oparciu o kryterium wspólnej granicy na siłę i charakter autokorelacji. Wzrost wartości wskaźnika statystyki *I* Morana pomiędzy pierwszym a drugim okresem informuje o zachodzącym procesie konwergencji w pozyskiwaniu środków pozabudżetowych. Odwrotna sytuacja odnosi się do pozyskiwania środków z UE widzimy spadek statystyki *I* Morana co świadczy że niema wysp wysokich wartości. Pozyskiwanie środków z UE wciągu jednego roku rozprzestrzenia się na większości obiektów i niema znaczących wysp wysokich wartości. Opierając się na analizie topologii obiektów, przedstawionej na rysunku 1, można mówić o dużym rozwoju województwa w części południowej, gdzie występuje wzrost wartości zmiennej i występowanie obiektów jako klaster podobnych wartości.

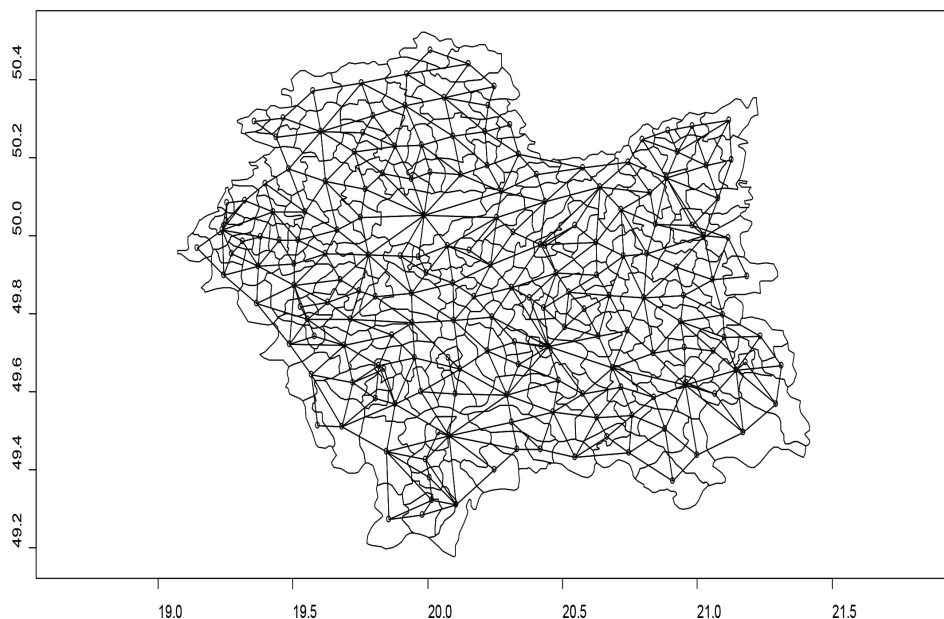
**Tabela 2.** Analiza przestrzenna dla zmiennych diagnostycznych opisujących pozabudżetowe środki przeznaczone na inwestycje na podstawie statystyki globalnej *I* Morana zbioru obiektów przestrzennych woj. małopolskiego

**Table 2.** Spatial analysis for diagnostic variables describing the extra-budgetary funds provided for-marked for investment based on the statistics of the global Moran's *I* Spatial Objects Set province. Małopolskie

Zmienne diagnostyczne	Lata	Typ wag			
		Wagi sąsiedztwa według kryterium wspólnej granicy typu B		Wagi sąsiedztwa według kryterium wspólnej granicy typu W	
		I	poziom istotności	I	poziom istotności
Ogółem inwestycyjne	2009	0,433	$p < 0,05$	0,564	$p < 0,05$
	2010	0,542	$p < 0,05$	0,5891	$p < 0,05$
Celowe z budżetu państwa na zadania własne	2009	0,433	$p < 0,05$	0,564	$p < 0,05$
	2010	0,521	$p < 0,05$	0,578	$p < 0,05$
Otrzymane z funduszy celowych	2009	0,376	$p < 0,05$	0,423	$p < 0,05$
	2010	0,398	$p < 0,05$	0,517	$p < 0,05$
Subwencje	2009	0,342	$p < 0,05$	0,403	$p < 0,05$
	2010	0,412	$p < 0,05$	0,467	$p < 0,05$
Środki z UE	2008	0,532	$p < 0,05$	0,576	$p < 0,05$
	2009	0,412	$p < 0,05$	0,559	$p < 0,05$

Źródło: Badania własne 2012





Źródło: Badania własne 2012

**Rysunek 1.** Graf powiązań macierzy wag sąsiedztwa według kryterium wspólnej granicy gmin woj. małopolskiego

**Figure 1.** Pictures neighborhood weight matrix according to the criterion of the common border municipalities province. little-Polish

## WNIOSKI

Na podstawie badań można zauważyć, że stosowanie autokorelacji przestrzennej może okazać się bardzo owocne przy analizie procesów w zakresie geografii ekonomicznej, a także w innych dziedzinach nauki. Przestrzenne zależności odgrywają ogromne znaczenie w przyrodzie, dlatego powinny być docenione przez władze. Systemy geoinformacyjne są stosowane m.in. przy rozmieszczeniu infrastruktury, planowaniu dróg transportowych czy usprawnienia dystrybucji towarów. Przy racjonalnym wykorzystaniu istniejących zasobów, z całą pewnością opisana metoda może znaleźć zastosowanie także przy zarządzaniu gospodarką przestrzenną i wzroście aktywności gospodarczej. Analizy tego typu umożliwiają w łatwy sposób porównywanie procesów ekonomicznych, a nawet mogą stać się podstawą w podejmowaniu decyzji biznesowych. Warto zauważyć, iż pomimo wyraźnie ekonomicznego wydzwieku, metodyka



pracy posłużyć może także badaczom z innych dziedzin nauki, z uwagi na uniwersalny charakter przedstawionych metod.

Aby zrealizować główny cel badań pozyskano dane opracowań Głównego Urzędu Statystycznego i za pomocą geokodów automatycznie zostały wprowadzone do przestrzennej bazy danych. Rozkłady przestrzenne zmiennych zobrazowano w programie ArcView GIS 9.3.1., a analizę przestrzennostatystyczną wykonano w programie R-CRAN. Zmienne diagnostyczne dotyczyły dotacji, środków na dofinansowanie własnych zadań pozyskanych z innych źródeł oraz subwencji. Analizę przeprowadzono na 182 gminach województwa małopolskiego. Badania dowiodły, że gmina Kraków, w analizowanym czasie, stanowi centrum rozwojowe województwa małopolskiego. Na podstawie tej obserwacji można wnioskować, że gminy miejskie mają większą szansę na pozyskanie środków na dalsze inwestycje. Powoduje to kolejny ciąg zdarzeń. Analiza wykazała, że wokół dużych gmin miejskich tworzą się skupiska (wyspy) gmin o wyższych wartościach badanych zmiennych, co świadczy o przejmowaniu cech od bardziej rozwiniętych centrów rozwojowych. Na podstawie analizy wybranych zmiennych diagnostycznych można stwierdzić, że mogą one być bardzo przydatne w geografii ekonomicznej.

## LITERATURA

- Cupiał M. (2006), *System wspomagania decyzji dla gospodarstw rolniczych*, „Inżynieria Rolnicza” Nr 9 (84), Kraków
- Janc K. (2006), *Zjawisko autokorelacji przestrzennej na przykładzie statystyki I Morana oraz lokalnych wskaźników zależności przestrzennej (LISA) – wybrane zagadnienia metodyczne*. Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego
- Janc K. (2009), *Zróżnicowanie przestrzenne kapitału ludzkiego i społecznego w Polsce*. Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego
- Kopczewska K. (2007), *Ekonometria i statystyka przestrzenna z wykorzystaniem programu R CRAN*, CEDEWU
- Krakowiak-Bal A., Naskręt S., Salamon J. 2012. *Wykorzystanie systemów informacji geograficznej oraz narzędzi Autocad do określenia dynamiki zmian w strukturze użytkowania gruntów na obszarze gminy Niepołomice*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. Nr 2012/ 03 (4)
- Longley P. (2006), *GIS : teoria i praktyka*, Wydawnictwo Naukowe PWN
- Sikora J. (2009), *Określenie siły i charakteru autokorelacji przestrzennej na podstawie globalnej statystyki Morana infrastruktury rolniczej Polski Południowej i Południowo-Wschodniej*, Polska Akademia Nauk
- Szeląg-Sikora A. (2009), *Wykorzystanie funduszy unijnych w aspekcie zróżnicowania regionalnego*, Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 17/2

Woźniak A., Sikora J. 2007. *Autokorelacja przestrzenna wskaźników infrastruktury wodno-ściekowej woj. małopolskiego*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. Nr 2007/ 4 (2)

Dr inż. Jakub Sikora,  
Dr hab. inż. Anna Szelaǳ-Sikora,  
Dr hab. inż. Michał Cupiał, prof. UR  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki  
Ul. Balicka 116 b, 30-149 Kraków  
tel: +48 12 662 46 60  
e-mail: [Jakub.Sikora@ur.krakow.pl](mailto:Jakub.Sikora@ur.krakow.pl)